

NEUROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
AM NERVUS PERONAEUS
UNTER SPEZIELLER BERÜCKSICHTIGUNG
DES SEITENVERGLEICHS

Franz Kudella

1978

Dissertations- und Fotodruck Anneliese SCHUBERT
8 München 5 • Corneliusstraße 21 • Tel.: 268177

Aus der Neurologischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. A. Schrader

Neurographische Untersuchungen am Nervus

Peroneus unter spezieller Berücksichtigung

des Seitenvergleichs

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

an der Ludwig Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von

Franz Kudella

aus

Arnstorf

Jahr

1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter:	Prof.Dr.A.SCHRADER
Mitberichterstatter:	Prof.Dr.H.LÖWENECK
	Prof.Dr.R.MARX
	Prof.Dr.M.KLINGENBERG
Dekan:	Prof.Dr.W.SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 14.2.1978



Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	3
II. Material und Methode	7
III. Ergebnisse	15
IV. Diskussion	25
V. Zusammenfassung	33
VI. Tabellen, Abbildungen, Anhang	34
VII. Literaturverzeichnis	52



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549025_0049

I. Einleitung

Die ständige Entwicklung und Verfeinerung von technischen Geräten und Instrumenten in der Medizin im Laufe der letzten dreißig Jahre und die zunehmende Kenntnis über die Zusammenhänge und die Wege zu den Ursachen der verschiedensten Erkrankungen ermöglichen und fordern es Untersuchungsmethoden in den täglichen klinischen Gebrauch aufzunehmen, die früher nur in speziellen Zentren durchführbar waren. Eine dieser diagnostischen Methoden, die in wenigen Jahren jeder niedergelassene Neurologe zu seinen Routineuntersuchungen zählen wird, ist die Elektro-Neurographie. Sie dient durch die Bestimmung der Nervenleitungsgeschwindigkeit bzw. durch die Latenzzeit zur Erkennung von peripher-neurologischen Erkrankungen, sogar schon in der Anfangsphase, wie zur Lokalisation einer umschriebenen Nervenschädigung durch Trauma oder etwa auch von Engpaßsyndromen.

Die Anfänge der Neurographie liegen mehr als hundert Jahre zurück, und es war VON HELMHOLTZ (1867 und 1870), der als erster die Nervenleitungsgeschwindigkeit ermittelte. Das Prinzip seiner Methode hat sich bis heute nicht geändert und wird im anschließenden Teil erörtert.

Ein weiterer, wichtiger Fortschritt in der Neurophysiologie

waren die Arbeiten von ERLANGER und GASSER (1927 - 1941). Die zum Teil gemeinsamen Untersuchungen haben erwiesen, daß die Leitungsgeschwindigkeit der einzelnen Nervenfasern ihrem Durchmesser und der Ausbildung der Myelinscheide direkt proportional ist.

Die nächsten fundamentalen Untersuchungen stammen von HODES und Mitarbeiter (1948). Es handelt sich dabei um die ersten eingehenden Studien beim Menschen mit oszillographischer Aufzeichnung des Muskelaktionspotentials. Damit war der Weg gebahnt für die Aufnahme von neurophysiologischen Methoden in den klinischen Bereich.

Es zeigte sich, daß die Werte der Leitungsgeschwindigkeit einzelner peripherer Nerven beim gesunden Menschen schon unter normalen Bedingungen variieren können. Die verschiedensten Faktoren spielen dabei eine Rolle. So erfolgt die Impulsleitung bei den langen Extremitäten-Nerven proximal schneller als distal. (MAGLADERY und MC DOUGAL 1950; CORBAT 1961).

Es besteht eine Abhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit vom Alter der Versuchspersonen (WAGMANN und LESSE 1952; CORBAT 1961): im Alter von zehn Jahren ist sie am höchsten, um dann stetig leicht abzunehmen.

Auch ein äußerer Faktor spielt ferner eine nicht unbedeutende Rolle: die Temperatur. So bedingt eine Abkühlung der Hauttemperatur um 3 Grad Celsius eine Reduktion der Leitungsgeschwindigkeit um 7 m/sec. (WAGMAN und LESCH 1952). CORBAT (1961) und HENRIKSEN (1956) konnten diese Befunde bestätigen.

Schließlich stellte CORBAT (1961) die Variabilität der Leitungsgeschwindigkeit im Verlaufe eines Tages bei einundderselben Versuchsperson fest.

Aus allem resultiert die physiologische Schwankungsbreite der motorischen Nervenleitungsgeschwindigkeit. Dabei wurden nur selten Messungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit unter der speziellen Berücksichtigung des Seitenvergleichs durchgeführt.

Es war daher von Interesse die Leitungsgeschwindigkeit des Nervus peroneus unter den Bedingungen der klinischen Routine-myographie zu untersuchen, wobei besonders darauf geachtet wurde, ob sich signifikante Änderungen der Zahlenwerte beim individuellen Seitenvergleich ergaben.

Da im klinischen Gebrauch häufig die distale Latenzzeit von ausschlaggebender Bedeutung ist, sollte überprüft werden, inwieweit eine Korrelation zwischen distaler Latenzzeit und Entfernung des distalen Reizpunktes von der Nadelelektrode

einerseits und der tatsächlichen motorischen Geschwindigkeit andererseits bestand.

Schließlich sollte die Notwendigkeit der Kontrollmessung überprüft werden, bei der die Nadel eine geringfügige Lageveränderung erfuhr.

II. Material und Methode

Die Untersuchungen wurden unter klinischen Routinebedingungen an 17 männlichen und 3 weiblichen klinisch gesunden Versuchspersonen im Alter zwischen 23 und 40 Jahren vorgenommen, bei denen anamnestisch insbesondere keine Stoffwechselkrankheit, keine entzündliche Erkrankung des Zentralnervensystems und auch klinisch keine Polyneuropathie bestand, und keine chronische Einnahme von Medikamenten zu eruieren war. Nur eine Versuchsperson war älter als 35 Jahre, während die Mehrzahl zwischen 26 und 28 Jahre alt war. Das Durchschnittsalter betrug 28,75 Jahre.

Zur Stimulation des Nervus peroneus wurde eine handelsübliche bipolare Oberflächen Elektrode mit Filzringen verwendet. Zur Impulsgebung und Aufzeichnung diente ein handelsüblicher DISA - Einkanalmyograph. Er lieferte Rechtecksimpulse von 0,2 - 1,0 msec Dauer und einer Frequenz von 1/sec. Die Stromstärke des Stimulus wurde von Schwellenstärke bis zu supramaximaler Reizstärke gesteigert. Mit einer Endspannung von 50 Volt konnte stets supramaximale Reizung erreicht werden. Proximal wie distal wurde der Nervus peroneus 5x pro Messung gereizt. Die Ableitung erfolgte mit einer handelsüblichen konzentrischen Nadelelektrode. Sie besteht aus einer Platinseele als differente Elektrode, die in einer Stahlkanüle als in-

differente Elektrode in Araldit eingebettet ist. Zwischen der Platinoberfläche und der Kanüle werden die Muskelaktionspotentiale abgegriffen.

Nadelelektroden werden im klinischen Gebrauch gegenüber Oberflächen-elektroden bevorzugt, denn in einem Arbeitsgang können sowohl konventionelle Elektromyographie wie auch die Elektoneurographie durchgeführt werden. Außerdem ist bei der Nadelableitung der Beginn des evozierten Potentials schärfer gezeichnet. Schließlich können bei Verwendung von mehreren Nadelelektroden auch die Geschwindigkeiten der langsamer leitenden Nervenfasern erfaßt werden. (NEUNDÖRFER, ADLER 1972)

Die Untersuchungen wurden bei konstanter Außentemperatur vorgenommen. Die Temperatur des Untersuchungszimmers betrug konstant 24 Grad Celsius. Die Tageszeit bei 19 der 20 Untersuchungen war zwischen 16 Uhr und 19.30 Uhr. Lediglich bei einer Versuchsperson wurde die Untersuchung vormittags zwischen 9.15 Uhr und 9.30 Uhr durchgeführt.

Die Versuchspersonen wurden aufgefordert sich auf eine Couch zu legen und möglichst zu entspannen. Währenddessen wurde der 1-Kanalmyograph, der daneben stand, eingeschaltet und die Stimulationselektrode angeschlossen. Die Erdungselektrode wurde gut mit Wasser angefeuchtet und etwa um die Mitte des linken Unter-

schenkels gelegt und der Kontakt zum DISA hergestellt. Das Gerät wurde dabei auf "open" gestellt und die geeignete Kipp-einstellung von 8 msec für die erste distale Messung gewählt, sowie die Taste für die Verstärkung von 10 x 30 gedrückt. Anschließend wurde der Kontakt von der konzentrischen Nadelelektrode zum 1-Kanalmyograph mit einem abgeschirmten Zweileiterkabel hergestellt.

Der Nervus peronaeus tritt in seinem Verlauf abschnittsweise relativ nahe an die Oberfläche, so daß er perkutaner elektrischer Reizung zugänglich ist. Damit besteht die Möglichkeit seine motorische Nervenleitgeschwindigkeit zu bestimmen. Als günstige Reizorte bieten sich proximal das Fibulaköpfchen und distal die Stelle zwischen den Knöcheln, das heißt über dem Retinaculum der Mm. extensores.

Stets wurde mit dem linken Bein begonnen:

Die Haut über dem M. extensor digitorum brevis, den der Nervus peronaeus innerviert, wurde sorgfältig desinfiziert. In den entspannten Muskel, der durch Dorsalflexion des Fußes gut darstellbar ist, wurde die sterile Nadel durch rasches, gerades Einstechen in die Mitte des Muskelbauches gebracht. Über den 1-Kanalmyograph wurde dabei eine sogenannte Einstichaktivität hörbar, die durch mechanisch ausgelöste Potentiale einzelner Muskelfasern zustande kommt.

Sodann wurde die Reizelektrode, nachdem man sie mit handelsüblicher Elektrodenpaste - zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit - bestrichen und das betreffende Hautareal gereinigt hatte, zwischen den Knöcheln des linken Fußes oben aufgesetzt und mit den Fingern der linken Hand festgehalten. Mit der freien rechten Hand wurde an den Stimulus-Elektroden - durch Drehen des entsprechenden Knopfes am 1-Kanalmyographen - gereizt: mit einem kurzdauernden (1 msec) Reiz wurde begonnen, und dann die Stromstärke des Stimulus von Schwellenstärke zügig bis zu supramaximaler Reizstärke gesteigert. Im Oszilloskop konnte der Aufbau des Muskelaktionspotentials und die zugehörige Latenz beobachtet werden. Nachdem sich die Latenzzeit und die Amplitude des Summenpotentials nicht mehr steigern ließen, war der Nervus peroneus supramaximal erregt, das heißt, alle seine Fasern sind durch den Stimulus rekrutiert worden. Um einen möglichst deutlichen und steilen Anstieg des Muskelpotentials zu erhalten, war es notwendig, daß die Stimuluselektrode möglichst nahe über dem Nervus peroneus zu liegen kam (sowohl über dem Retinaculum der Mm. extens. sowie proximal am Fibulaköpfchen), und daß die Kathode der Reizelektrode stets distal platziert war.

Auf diese Weise gelang es jedesmal eine supramaximale Erregung zu erreichen. Daher konnte darauf verzichtet werden, den Hautwiderstand durch Aufrauen zu verringern, wie dies von mehreren

Autoren gefordert wird, und was zuerst RECHNER (1937) beschrieben hat.

Gemessen wurde direkt vom Schirm des Oszilloskops und zwar die Zeit vom Beginn des Reizartefakts bis zur frühesten Abweichung des Strahls. Da der Kipp durch den Reiz getriggert war, konnte die Messung vom Beginn der Spur gemacht werden. Eine über dem Bildschirm verschiebbare Marke, die von einer Markierungseinrichtung erzeugt wird, wurde präzise auf die erste Abweichung des Strahls zur Ausbildung des Muskelpotentials eingestellt. So konnte die Latenz zwischen Reizimpuls und Muskelantwort bestimmt werden, wobei auf einer Skala die Zeit in msec sofort abgelesen werden konnte. Nach der Einstellung des Justierpunkts wurde wieder auf Null Volt zurückgedreht, und die Reizelektrode vom distalen Reizort zwischen den Knöcheln des linken Fußes weggenommen. Die von der Skala abgelesene Zeit (=distale Latenzzeit (msec)) wurde notiert.

Anschließend folgte die genaue Markierung des distalen Reizorts auf der Haut mit Hilfe eines Rotstifts, sodann die präzise Messung der oberflächlich verlaufenden Strecke von Reizort zu Ableitelektrode mit Hilfe eines Bandmaßes. Da die Kathode an der Stimulationselektrode nicht gekennzeichnet war, wurde darauf geachtet, daß die Reizelektrode stets in der gleichen

Weise aufgesetzt wurde. Die Markierung erfolgte so, als ob der Stromimpuls von der Mitte zwischen beiden Elektroden käme.

Als nächster Schritt erfolgte die Reizung des Nervus peroneus proximal am Fibulaköpfchen, nachdem der Kipp auf 16 msec eingestellt worden war. Die Reizelektrode wurde wieder mit Salzpaste bestrichen, auf das Caput fibulae gesetzt und festgehalten. Wiederum wurde supramaximal gereizt, und der Justierpunkt genau auf das klar abgesetzte "take off" des evozierten Muskelaktionspotentials von der Grundlinie eingestellt. Die Zeit (= proximale Latenzzeit) wurde in msec abgelesen und notiert. Nach Markierung des proximalen Reizorts auf der Haut erfolgte die genaue Messung der oberflächlichen Entfernung vom proximalen Reizort bis zum schon gekennzeichneten distalen Reizort. Diese Distanz (cm) wurde ebenso schriftlich festgehalten.

An diesen Untersuchungsvorgang wurde eine Kontrollmessung angeschlossen, bei der zuvor die Lage der Ableitelektrode an gleicher Stelle durch leichtes Herausziehen oder tieferes Einstecken verändert wurde. Die Stimulation sowie die weiteren Schritte der Untersuchung (Bestimmung von distaler und proximaler Latenz) erfolgte genau nach dem ersten Vorgehen, wobei an den bei der Erstuntersuchung markierten Stellen gereizt wurde. Nach der Registrierung der betreffenden distalen und proximalen Latenzzeit der Kontrollmessung wurde die Ableit-

elektrode rasch aus dem Muskel herausgezogen.

Als nächstes kam das rechte Bein an die Reihe, wobei wiederum mit der Desinfektion der Haut über dem M. extensor digitorum brevis begonnen wurde. Das anschließende Vorgehen war analog zum linken Bein. Verwendet wurde dieselbe Ableitelektrode. Die Erdung blieb am linken Unterschenkel liegen. Die gesamte Untersuchung dauerte pro Versuchsperson etwa 15 Minuten und wurde von den Probanden und Probandinnen nicht als schmerzhaft empfunden.

Die motorische Nervenleitgeschwindigkeit wurde, wie von MAGLADERY und MC DOUGAL (1950) beschrieben und bereits im Prinzip von v. HELMHOLTZ (1870) praktiziert, folgendermaßen bestimmt: "Der Nerv wird an zwei möglichst weit auseinanderliegenden Orten gereizt, und das jeder Reizung zugehörige Muskelaktionspotential aufgezeichnet. Aus der Differenz der Überleitungszeiten und der Strecke zwischen beiden Reizorten errechnet sich - für den klinischen Gebrauch ausreichend exakt - die Leitgeschwindigkeit in m/sec. Die Überleitungszeit wird vom Reizeinbruch bis zum Beginn des Muskelaktionspotentials gemessen, welche als verlässlichste Bezugspunkte gelten können."

Die Formel zur Berechnung der motorischen Nervenleitgeschwindigkeit lautet demgemäß:

$$\text{Motorische NLG (m/sec)} = \frac{\text{Distanz zwischen dist. und prox. Reizort}}{\text{proximale Latenz minus distale Latenz}}$$

III. Ergebnisse

Nach der oben erwähnten mathematischen Formel konnte bei den 20 Versuchspersonen am linken und rechten Bein die maximale motorische Leitgeschwindigkeit, das heißt, die der am schnellsten leitenden Fasern des N. peroneus errechnet werden. Der Mittelwert der Leitgeschwindigkeit des N. peroneus betrug links 55,948 m/sec und rechts 56,099 m/sec. Die mittlere Abweichung vom Mittelwert konnte links mit $\pm 3,256$ m/sec und rechts mit $\pm 2,280$ m/sec errechnet werden. Die Schwankungsbreite ergab sich links mit 48,70 m/sec bis 63,809 m/sec und rechts mit 51,408 m/sec bis 61,538 m/sec. Die größte Differenz beim Seitenvergleich einer Versuchsperson betrug 6,313 m/sec.

Vergleicht man die mittlere motorische Leitgeschwindigkeit des linken und rechten N. peroneus, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Die Werte liegen knapp nebeneinander, auch die der mittleren Abweichung. Die linke und rechte Schwankungsbreite kommen sich ebenfalls recht nahe. Die Differenz liegt bei 3 m/sec, wobei der linke Bereich etwas ausgedehnter ist als der rechte.

Betrachtet man Abbildung (1), so wird ersichtlich, daß sich die motorische Nervenleitgeschwindigkeit links hauptsächlich

zwischen den Werten 55 m/sec und 58 m/sec häuft, wobei sich die restlichen Werte relativ breit nach oben und unten verteilen. Jeweils an der unteren und oberen Grenze ist noch ein Gipfel zu finden. Vermutlich könnte das auf etwaige Fehler hinweisen, was noch in der folgenden Diskussion erörtert wird. Bei der Auftragung der Geschwindigkeiten des rechten N. peroneus ist eine markante Häufung zwischen den Werten von 56 m/sec und 59 m/sec zu finden. Die Hauptspitzen der Verteilung der motorischen Leitgeschwindigkeit des N. peroneus liegen also links und rechts nahe beieinander. Die beiden Häufungen zwischen 52 m/sec und 53 m/sec sowie zwischen 54 m/sec und 55 m/sec verlagern das Schwergewicht etwas nach unten, so daß sich der linke und rechte Gipfel noch mehr annähern.

Was die einzelnen Differenzen der linken und rechten Leitgeschwindigkeit anbetrifft, so erkennt man aus Abbildung (2), daß 75 % der untersuchten Personen einen Geschwindigkeitsunterschied zwischen 0 bis 3,5 m/sec haben. Innerhalb davon befindet sich eine Gruppe (30 % vom Ganzen), die nur eine Seitendifferenz von 0,5 m/sec bis 1 m/sec aufweist. Etwas abgetrennt von den 75 % liegt eine Häufung zwischen 4 m/sec und 4,5 m/sec, die durchaus noch im Rahmen des Physiologischen liegt. Wie der isoliert stehende Gipfel zwischen 6 m/sec und 6,5 m/sec sich erklären läßt, könnte aus den

Fehlerquellen anatomischer und bzw. oder meßtechnischer Natur zu folgern sein, worauf im IV. Teil noch eingegangen wird.

Die distale Latenzzeit (dLZ) schwankte links zwischen 3,875 msec und 6,2 msec, rechts zwischen 3,95 msec und 6,05 msec. Von einer Versuchsperson konnte die dLZ mit einem auffälligen Wert bestimmt werden (links mit 3,05 msec bei dazugehöriger distaler Entfernung von 3,8 cm und rechts mit 3,1 msec bei 3,5 cm). Es konnte eine Geschwindigkeit errechnet werden, die im Normbereich liegt.

Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß bei wenigen (?) Versuchspersonen der N. peroneus nicht auf Anhieb über den Knöcheln durch die Stimulation erreicht werden konnte, sondern erst nach einigem Suchen und mit sehr festem Druck auf die Reizelektrode. Bei jener Versuchsperson war es nicht möglich an der üblichen Stelle über dem Petinaculum Mm. extens. den N. peroneus perkutan zu stimulieren.

Die proximale Latenzzeit (pLZ) bewegte sich links zwischen 9,1 msec und 12,75 msec und rechts zwischen 9,1 msec und 12,1 msec (s. Tab.1). Als Mittelwert ergab sich bei der pLZ links ein Wert von 10,985 msec, rechts von 10,908 msec und bei der dLZ links ein Wert von 4,740 msec, rechts von 4,911 msec.

Wie man sieht, verhalten sich - entsprechend der motorischen NIG - auch die Ergebnisse der dLZ und pLZ: es besteht kein bedeutender Unterschied im Seitenvergleich.

Der Mittelwert der proximalen Entfernung konnte links mit 25,252 cm und rechts mit 34,678 cm ermittelt werden. Die Schwankungsbreite reichte links von 31 cm bis 41 cm und rechts von 30,5 cm bis 40 cm. Die größte individuelle Differenz zeigte sich mit 4,3 cm. Die distale Entfernung hatte als Mittelwert links 7,715 cm und rechts 7,857 cm, wobei die größte Differenz bei einer Versuchsperson 2,7 cm betrug. Die einzelnen Werte schwankten links zwischen 6 cm und 9 cm und rechts zwischen 6 cm und 9,5 cm (die oben schon erwähnten auffälligen Werte betrugen links 3,8 cm und rechts 3,5 cm).

Zu erwarten war, daß die entsprechenden Längen von Extremitätenabschnitten nicht gleich sein würden. Trotzdem überraschte es, Unterschiede der proximalen Entfernung - bei links und rechts nahezu gleichgroßer distaler Entfernung - bis zu 4,3 cm zu finden. Da bis auf Millimeter genau gemessen wurde, scheinen hauptsächlich anatomische Verhältnisse für die ausgefallenen proximalen Entfernungsunterschiede im Seitenvergleich in Betracht zu kommen. Ob der relativ größere maximale Unterschied der distalen Entfernung von 2,7 cm auch ausschließlich auf anatomische Gründe zurückzuführen ist, bleibt noch zu er-

örtern. (Für die Berechnung der motorischen Leitungsgeschwindigkeit ist die distale Entfernung ohne Bedeutung.)

Eine Zuordnung von dLZ zur Häufigkeit bei bestimmter distaler Strecke zeigt Abbildung (3). Aus ihr kann entnommen werden, daß bei der Entfernung von 6 cm bis 6,9 cm eine dLZ von 3,9 msec bis 4,4 msec erhalten wurde. Bei einer Strecke von 7 cm bis 8 cm ergab sich links und rechts als Normalwert ein Gipfel zwischen 4,4 und 4,7 msec mit einer Verteilung von 3,9 msec bis 5,2 msec. Der distalen Entfernung von 8,1 cm bis 9,0 cm entsprachen 4,4 msec bis 4,9 msec mit einer Streubreite von 3,9 msec bis 5,5 msec. Bei 9,1 cm bis 10,5 cm wurden 5 bis 6 msec gemessen, wobei es sich hier um Grenzfälle handelt.

Nach der Division der dLZ durch die pLZ ergab sich folgendes: Am linken Bein bewegte sich der Quotient zwischen 0,371 und 0,486 und rechts zwischen 0,410 und 0,537, wobei der linke Mittelwert des Quotienten (dLZ/pLZ) 0,424 und der rechte Mittelwert 0,445 betrug.

Die Normalwerte dieses Quotienten - der sich bei der Untersuchung im Seitenvergleich als fast gleich groß zeigt und eine insgesamt Breite von 0,371 bis 0,537 aufweist - sind wichtig für die Abklärung von Polyneuropathien. Bei diesen Erkrankungen

ist sehr oft nur die dLZ verlängert. Die pLZ dagegen bewegt sich im Rahmen des Physiologischen. Wenn bei anderen neurologischen Erkrankungen der langen Beinnerven die dLZ und die pLZ verlängert sind, hat der Quotient natürlich keine Aussagekraft.

Beim Vergleich der Unterschiede der Messergebnisse von erster Untersuchung und Kontrolle ergab sich: Der Mittelwert der Differenzen von dLZ (erste Messung) und dLZ (Kontrolle) betrug links 0,1425 msec und rechts 0,1720 msec und der entsprechende Mittelwert der pLZ 0,190 msec und 0,192 msec. Die größten Unterschiede der dLZ und auch der pLZ zwischen erster Messung und Kontrolle wurden für beide mit 0,4 msec errechnet.

Die mittleren Differenzen der dLZ von erster Messung und Kontrolle im Seitenvergleich bewegen sich in der Größenordnung von 3 Hundertstelmillisekunden, diejenigen der pLZ sogar noch niedriger.

Eine ähnliche gute Übereinstimmung von der Anzahl der Versuchspersonen zur Größe der Differenz zeigt die graphische Darstellung zur Tab.(3a): 80 % der Versuchspersonen haben höchstens 0,2 msec Unterschied beim Vergleich von dLZ aus erster Messung und Kontrolle. Es kommt noch hinzu, daß sich am linken und rechten Bein nahezu dasselbe Bild bietet. Nur bei 2 Versuchs-

personen konnte ein Unterschied der dLZ von erster Messung und Kontrolle von 0,3 msec bis 0,4 msec gefunden werden.

Die Differenz von pLZ aus erster Messung und Kontrolle zeigt entsprechend der dLZ ein ähnliches Bild: 85 % der Versuchspersonen zeigen maximal einen Unterschied von 0,3 msec, wobei wiederum die beiden Seiten sich fast gleichen. Auf Grund des allgemein größeren pLZ Wertes ergaben sich an fünf Reinen Differenzen zwischen 0,3 msec und 0,4 msec. Es besteht also hinsichtlich der dLZ und pLZ von erster Messung und Kontrolle im Seitenvergleich kaum ein nennenswerter Unterschied.

Untersucht man die Geschwindigkeiten - berechnet aus den einzelnen Werten der ersten Messung und Kontrolle - so zeigt sich folgendes: Der Mittelwert der Differenzen Δv (m/sec) aus den Geschwindigkeiten v_1 (= berechnete Geschwindigkeit aus erster Messung) und v_2 (= Geschwindigkeit aus Kontrolle) kam links auf 1,811 m/sec und rechts auf 2,223 m/sec. Der größte einzelne Geschwindigkeitsunterschied ($\Delta v_{\max}$) war links 4,838 m/sec und rechts 5,249 m/sec. (s.Tab.3).

Analog zu den mittleren Differenzen der dLZ und pLZ ergab auch der Mittelwert Δv (m/sec) keine signifikante Größe, weder links noch rechts. Betrachtet man die Abbildung (4), so zeigt

sich, daß links mehr als 75% der Versuchspersonen höchstens ein Δv ($=v_1$ minus v_2) von 3 m/sec haben, der Rest ein Δv bis 5 m/sec. Am rechten Bein stimmt der Hauptgipfel mit links überein, die Streubreite ist etwas größer als links und reicht bis Δv 6 m/sec. Immerhin haben 65% der Versuchspersonen höchstens ein Δv von 3 m/sec.

Dasselbe Resultat ergibt sich, wenn man die Differenz von (pLZ minus dLZ) und (Kontroll - pLZ minus Kontroll - dLZ) nach der Häufigkeit im Seitenvergleich aufträgt (s. Abbildung 5). Je höher die Differenz wird desto kleiner wird die Anzahl der betreffenden Versuchspersonen. Einen Unterschied bis zu 0,3 msec haben 75% der Versuchspersonen, wobei nur die Verteilung innerhalb dieser Gruppe links und rechts voneinander abweicht, die insgesamt Prozentzahl aber übereinstimmt.

Es ergibt sich also, daß zwischen den Meßergebnissen und Berechnungen der motorischen Leitgeschwindigkeit des N. peroneus von erster Messung und Kontrolle kein signifikanter Unterschied besteht.

Bei der Gegenüberstellung von tatsächlicher motorischer Geschwindigkeit des N. peroneus und der jeweiligen dazugehörigen "distalen Geschwindigkeit" (bei der die verschiedensten Faktoren, wie terminale Leitzeit und neuromuskuläre "Übertragungszeit" ein-

gehen) konnte keine direkte oder indirekte Beziehung gefunden werden. Wie aus Tab.(4) ersichtlich ist, ergab sich eine relativ große Streubreite der "distalen Geschwindigkeit" von 12,9 m/sec bis 20,8 m/sec. Nahezu jede errechnete "distale Geschwindigkeit" kann einer beliebigen normalen motorischen Leitgeschwindigkeit des N.peroneus von 48 m/sec bis ungefähr 60 m/sec zugeordnet werden.

Betrachtet man die Abbildung (6), so erkennt man im Seitenvergleich, daß die "distale Geschwindigkeit" links einen Gipfel bei 15 m/sec bis 16 m/sec aufweist, und die Streubreite sehr groß ist. Rechts ist keine markante Häufung wie links erkennbar. Die Streubreite reicht von 11 m/sec bis 20 m/sec. Die Schwankungsbereiche sind also links und rechts etwa gleich groß.

Es wurde noch versucht die terminale Überleitungszeit zu ermitteln. Das geschah mit Hilfe der im anhang angegebenen Zahlenwerte. Es ergab sich links ein Mittelwert von 3,348 msec und einer Schwankungsbreite von 2,535 msec bis 4,584 msec und rechts ein Durchschnitt von 3,501 msec und einer Schwankungsbreite von 2,998 msec bis 4,01 msec bei einem Gesamtmittelwert von 3,425 msec.

Die Mittelwerte der terminalen Überleitungszeit vom linken und rechten N.peroneus unterscheiden sich nur um eine Zehntelmillisekunde und stimmen recht gut überein. Bei den Schwankungsbreiten ist der höhere Wert zwischen links und rechts austauschbar. Der niedrigste Wert differiert um 5 Zehntelmillisekunden.

IV. Diskussion

Es liegen keine neurophysiologischen Arbeiten vor, die sich speziell mit dem Seitenvergleich der motorischen Leitungsgeschwindigkeit des N. peroneus beschäftigen. Jedoch gibt es Ergebnisse über den Mittelwert und die Schwankungsbreite der motorischen NLG.

Angaben über die maximale motorische Leitungsgeschwindigkeit m/sec des N. peroneus:

HODES und Mitarb. 1948	46 - 56
MAGLADERY und MCDOUGAL 1950	55 (45 - 68)
THOMAS und Mitarb. 1959	49,7 (35,6 - 63,5)
JOHNSON und OLSEN 1960	50,1 (50,1 $\pm$ 7,2)
LAWRENCE und LOCKE 1961	47 $\pm$ 0,92
MULDER und Mitarb. 1961	50,2 (35 - 65)

GILLIAT und Mitarb. 1961	45,8 (38,5 - 52,8)
SKILLMAN und Mitarb. 1961	49,3 (36 - 65)
HUDSON , DOW 1963	48,5 (40 - 60)
VISSERS 1964	48
NEUNDÖRFER , ADLER 1972	47,3 $\pm$ 4,462

Unsere Werte von 56 m/sec und dem Schwankungsbereich von 50,04 m/sec bis 62,673 m/sec liegen an der oberen Grenze der Ergebnisse, die hier angegeben sind.

Nur MAGLADERY und MCDUGAL fanden 1950 einen ähnlich hohen Durchschnittswert der motorischen Leitgeschwindigkeit des *N. heroneus* bei einer Streubreite von 45 m/sec bis 68 m/sec. Zwischen diesem Resultat und den von uns ermittelten Zahlen besteht eine deutliche Übereinstimmung. Betrachtet man jedoch die Ergebnisse von einigen anderen Autoren, z.B. von

LAWRENCE und LOCKE (1961), GILLIAT und Mitarb.(1961), HUDSON und DOW (1963), NEUNDÖRFER und ADLER (1972), dann wird ersichtlich, daß diese Mittelwerte von der unsrigen etwa um 8 bis 10 m/sec nach unten differieren.

Ob unser höherer Mittelwert der motorischen NLG etwa auf das relativ niedrige Alter der Probanden zurückzuführen ist, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Zwar hatten die Versuchspersonen von z.B. HUDSON und DOW einen Altersgipfel im 4. bis 6. Lebensjahrzehnt bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 48,5 m/sec - so daß unsere Werte nach WAGMAN und LESSE (1952) (Abnahme der motorischen NLG mit Zunahme des Alters) - durchaus repräsentativ wären. Jedoch fanden NEUNDÖRFER und ADLER (1972) eine mittlere NLG von $47,3 \pm 4,462$ m/sec bei einem Altersschnitt von 22,8 Jahren. Das Durchschnittsalter unserer Versuchspersonen lag bei 28,75 Jahren.

Möglich wäre, daß unsere distalen Latenzzeiten zu hoch liegen, was zu einer Vergrößerung des Quotienten bei der Berechnung der LG geführt hätte. Tatsächlich aber wurden als dLZ 3,9 msec bis 6,2 msec und als pLZ 9,1 msec bis 12,7 msec, gegenüber von NEUNDÖRFER und ADLER, die als dLZ 4,3 msec bis 7,2 msec und als pLZ 9,7 msec bis 15,6 msec hatten, gefunden.

In Frage käme noch die Tatsache, daß unsere Untersuchungen im Sommer stattfanden, und deshalb etwas höhere Werte erzielt wurden, wenn man daran denkt, daß Erniedrigung der Hauttemperatur um 1 Grad Celsius eine Verminderung der motorischen NLG um 2,3 m/sec bewirkt und umgekehrt. (WAGMAN und LESSE 1952). Auch wäre noch an die Variabilität der NLG bei einer Versuchsperson im Verlaufe eines Tages zu denken. (CORBAT 1961)

Fast alle unsere Untersuchungen wurden zur selben Tageszeit durchgeführt; ob überhaupt - und falls wieviele - Versuchspersonen ein etwaiges LG-Maximum zu dieser Zeit gehabt haben, ist nicht nachweisbar. Es wäre also durchaus denkbar, daß diese erwähnten Faktoren dazu beigetragen haben, daß wir höhere Werte erhalten haben als die meisten anderen Autoren.

Auf jeden Fall sind unsere ermittelten Werte im Normbereich einzuordnen.

Was den Seitenvergleich anbetrifft, so sind die Unterschiede von dLZ, pLZ und motorischer NLG relativ gering. Für manche größeren Seitenunterschiede bis maximal 6,313 m/sec kämen grundsätzlich folgende Fehlerquellen in Betracht:

1. Die Strecke vom proximalen bis zum distalen Reizort wurde oberflächlich am Unterschenkel gemessen. Der tatsächliche anatomische Verlauf des N. peroneus könnte durchaus davon abweichen, was sich auf die berechnete LG auswirkt.

2. Ablesungenauigkeiten bei der Ermittlung der Latenzzeiten kämen in Betracht, obwohl mit Hilfe der "Zeit-Basis-Einheit" sogar mit einer Genauigkeit von Zehntelmillisekunden abgelesen werden konnte.

3. Beim Messen der Strecke zwischen proximalem und distalem Reizort könnten Ungenauigkeiten zu Fehlern geführt haben. Jedoch wurde die Entfernung bis auf Millimeter bestimmt.

An Hand der Aufzählung dieser möglichen Fehlerquellen könnten die größeren Seitenunterschiede der motorischen NLG bis zu 6,3 m/sec erklärt werden. Insgesamt kann eher ausgesagt werden, daß die maximale motorische LG am linken und rechten N. peroneus keine großen Unterschiede im Normalfall aufweist.

Um die Streubreite der vier Messungen an einer Versuchsperson zu demonstrieren, wurde die Abbildung (7) angefertigt.

Ohne Rücksicht auf die linke oder rechte Seite wurde die größte (v_{max}) und die kleinste (v_{min}) errechnete Geschwindigkeit einer einzigen Person voneinander abgezogen, und die Differenzen in Zusammenhang mit der Häufigkeit gebracht.

Es zeigt sich, daß die Häufung von ($v_{max} - v_{min}$) zwischen 5 m/sec und 6 m/sec lag, und die Schwankungsbreite von 2 m/sec bis 7 m/sec je Versuchsperson sich erstreckt. Die beiden isoliert stehenden Gipfel bei 0 bis 1 m/sec und 9 bis 10 m/sec

sind Grenzfälle und stellen die Ausnahme dar. Bei der letzteren Prüfung sind die oben angegebenen Fehlerquellen zu berücksichtigen.

Es sei daran erinnert, daß bei dieser Demonstration nicht auf den Seitenvergleich geachtet wurde, und die Werte willkürlich ohne Rücksicht auf erste Messung und Kontrolle ausgewählt wurden. Die Abgrenzung zum Pathologischen wäre trotz dieser aufgezeigten Fehlerbreite durchaus möglich.

Für die klinische Routineuntersuchung ist außerdem nicht so sehr der errechnete Geschwindigkeitswert von Bedeutung, sondern entscheidend im Einzelfall ist primär die dLZ. Die Angabe von absoluten Geschwindigkeiten soll hauptsächlich als Richtwert dienen.

Was die gute Übereinstimmung von erster Messung und Kontrolle anbetrifft - die genaue Gegenüberstellung siehe bei "Ergebnisse" - so ist zu sagen, daß die Kontrolle kein einziges Mal einen signifikanten Unterschied zu der ersten Messung ergab, weder am rechten noch am linken N. peroneus. Bei Untersuchungen, die keine pathologischen Meßergebnisse aufzeigen, erscheint die Durchführung der Kontrolle daher nicht als unbedingt notwendig. In diesen Fällen könnte man sich auf eine einzige Messung beschränken.

Die "distale Geschwindigkeit", die bei unseren Versuchspersonen eine relativ große Streubreite von 12,9 m/sec bis 20,8 m/sec ergab, konnte keiner tatsächlich gemessenen motorischen LG zugeordnet werden. Auffällig ist ein Gipfel zwischen 15 und 16 m/sec (Abbildung 6). Man muß bedenken, daß Faktoren wie die terminale Leitzeit, und die neuromuskuläre Übertragungszeit, die experimentell schwer zu bestimmen sind, in die "distale Geschwindigkeit" eingehen. In beiden Fällen resultieren Zeitverluste. Der erstgenannte Faktor ist dadurch gekennzeichnet, daß die Impulse langsamer fortgeleitet werden, weil der terminale Abschnitt des peripheren Axons keine Myelinhülle besitzt. Die andere Verzögerung entsteht bei der Impulsübertragung an der motorischen Endplatte.

Unsere errechnete terminale Überleitungszeit ergab als Mittelwert links 3,348 msec und rechts 3,501 msec. Diese Ergebnisse kommen denen von HODES und Mitarb. (1948) mit 3,2 bis 3,8 msec nahe. Gegenüber den Werten, die MULDER und Mitarb. (1961) ermittelt haben, nämlich 3 bis 7 msec, erscheinen sie als zu niedrig.

Vergleicht man den erwähnten Gipfel der "distalen Geschwindigkeit" zwischen 15 m/sec und 16 m/sec mit den dazugehörigen terminalen Überleitungszeiten, so ergibt sich ein Mittelwert von 3,348 msec bei einem Schwankungsbereich von

2,777 msec bis 4,062 msec. Dieses Ergebnis entspricht etwa der Werten, die vom ganzen Kollektiv errechnet wurden.

Es ist nicht möglich, alleine aus der Bestimmung der dLZ und der distalen Strecke einen Schluß auf die tatsächliche maximale motorische LG des N. peronaeus zu ziehen, indem von der dLZ ein fixer Mittelwert der terminalen Überleitungszeit abgezogen wird, und dann die Rechnung: distale Strecke dividiert durch erhaltene Zeit, erfolgt. Außerdem wäre von vorneherein diese Methode einer zusätzlichen großen Fehlerquelle unterworfen: denn die Größe der distalen Strecke kann schon durch eine geringe Plantarflexion des Fußes der Versuchsperson um zwei und sogar mehr Zentimeter verändert werden, und dadurch die erhaltenen Werte von Anfang in Frage stellen.

V. Zusammenfassung

An 20 klinisch gesunden Versuchspersonen wurde am rechten und linken N. peroneus die motorische Nervenleitgeschwindigkeit bei Ableitung der Reizantwort mit einer konzentrischen Nadelelektrode bestimmt. Die Methode dazu wurde beschrieben. Wir haben für jeden N. peroneus jeweils zwei Untersuchungen durchgeführt.

Es zeigte sich, daß die Mittelwerte der motorischen Nervenleitgeschwindigkeit mit links 55,95 m/sec und rechts 56,1 m/sec keinen signifikanten Seitenunterschied ergaben. Die Ergebnisse liegen in dem von anderen Autoren angegebenen Schwankungsbereich.

Der Vergleich von erster Messung und Kontrolle wies hinsichtlich dLZ, pLZ und Geschwindigkeit nahezu gleiche Resultate auf, die es uns deshalb als vertretbar erscheinen lassen, nur bei zweifelhaften Befunden eine Kontrolle durchzuführen.

Eine Beziehung zwischen "distaler Geschwindigkeit" und tatsächlicher motorischer Geschwindigkeit des N. peroneus für die rechnerische Anwendung bei der Elektroneurographie konnte nicht gefunden werden.

Tabelle 1

Normalwerte der maximalen motorischen Nervenleitgeschwindigkeit (LG) m/sec des N. peroneus im Seitenvergleich.

Anzahl der Versuchspersonen (VP) : 20

Altersschnitt : 28,75 Jahre

	li	re
proximale Latenzzeit(msec)		
(= Mittelwert aus 1. Messg. und Kontrolle)	9,1-12,75	9,1-12,1
distale Latenzzeit (msec)		
(= Mittelwert aus 1. Messg. und Kontrolle)	3,875-6,2	3,95-6,05
auffälliger Wert :	3,05	3,1
Mittelwert der LG m/sec	55,948	56,099

Fortsetzung von Tabelle 1

	li	re
minimale LG (m/sec)	48,701	51,408
maximale LG (m/sec)	63,809	61,538
größte Differenz der LG bei einer VP (m/sec)	52,307	58,620 =6,313
mittlere Abweichung vom Mittelwert der LG (m/sec)	$\pm 3,256$	$\pm 2,280$

Gegenüberstellung der distalen und proximalen Entfernung
(cm) im Seitenvergleich.

	li	re
Mittelwert der distalen Entfernung (cm)	7,715	7,857
größte Differenz bei einer VP (cm)	7,8 = 2,7	10,5
Mittelwert der proximalen Entfernung (cm)	35,252	34,078
größte Differenz bei einer VP (cm)	38,3 = 4,3	34

Tabelle 2 b)

Gegenüberstellung des Mittelwerts der dLZ und pLZ
im Seitenvergleich.

	li	re
Mittelwert der dLZ (msec)	4,74	4,911
Mittelwert der pLZ (msec)	10,985	10,908

Tabelle 2 c)

Gegenüberstellung des Quotienten aus dLZ und pLZ im
Seitenvergleich.

	li	re
Schwankungsbereich des Quotienten	0,371-0,486	0,41-0,537
Mittelwert des Quotienten	0,424	0,445

Tabelle 3

Gegenüberstellung der Unterschiede von 1. Messung und
Kontrolle im Seitenvergleich.

	li	re
Mittelwert Delta-dLZ (msec) (Delta-dLZ = dLZ (1. Messg.) minus dLZ (Kontrolle))	0,1425	0,1720
Mittelwert Delta-pLZ (msec) (Delta-pLZ = pLZ (1. Messg.) minus dLZ (Kontrolle))	0,1900	0,1920
größte Differenzen der dLZ (zwischen 1. M. und K. (msec))	0,4	0,4
größte Differenzen der pLZ (zw. 1. M. und K. (msec))	0,4	0,4

	li	re
Mittelwert der Differenzen Delta-v (m/sec) zwischen den Geschwindigkeiten v1 und v2. (v1 = Geschwindigkeit berechnet aus dLZ und pLZ der ersten Messung ; v2 = Geschwindigkeit berechnet aus dLZ und pLZ der Kontrolle)	1,8117	2,2238
Delta - v (max.)	4,8387	5,249

Tabelle 4

Gegenüberstellung von tatsächlicher motorischer LG (m/sec)
des N. peroneus und der Streubreite der "distalen
Geschwindigkeit" .

(Die "distale Geschwindigkeit" wurde aus der dLZ (msec)
 und der Entfernung (cm) (distaler Reizort bis zur Ableit-
 elektrode) berechnet.)

mot. NLG (m/sec)		"distale Geschw." (m/sec)
bis 53	:	12,9 - 20,35
- 56	:	13,79 - 17,57
- 58	:	13,14 - 20,8
- 62	:	13,3 - 18,46
über 62	:	19,49

Abbildung 1

Gegenüberstellung der Verteilung der motorischen LG (π/sec)-
errechnet aus den jeweiligen Mittelwerten von dLZ und pLZ
der 1. Messung und Kontrolle - im Seitenvergleich.

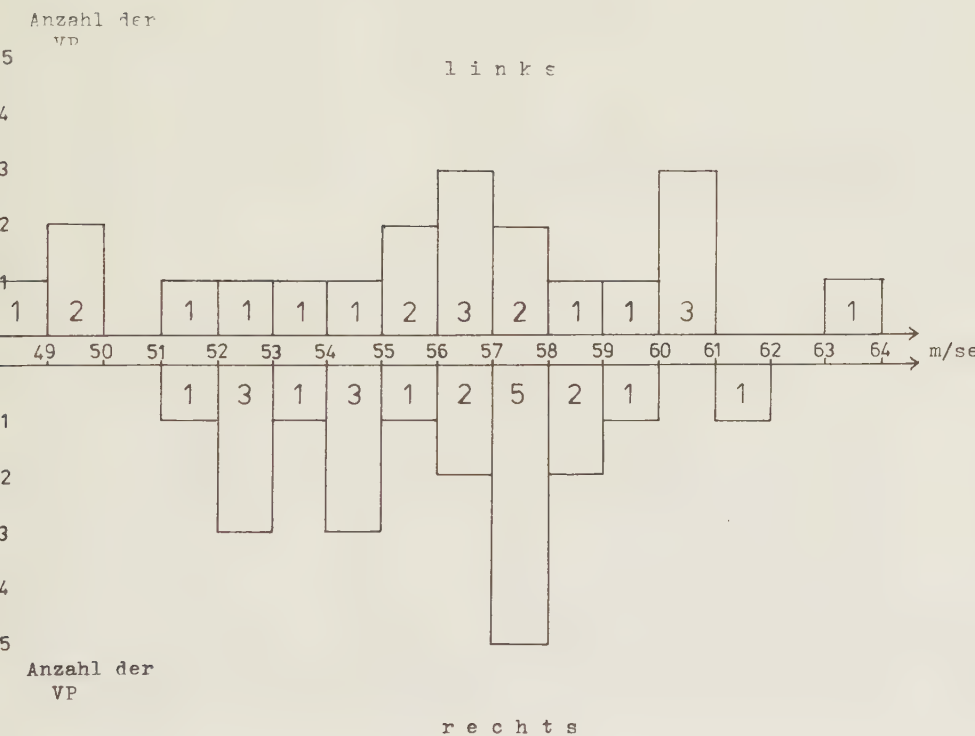


Abbildung 2

Auftragung der Unterschiede der motorischen NLG (Delta v m/sec)
von linker minus rechter (bzw. umgekehrt) NLG hinsichtlich
ihrer Häufigkeit.

(Die NLG m/sec wurde aus den jeweiligen Mittelwerten von dLZ
 und pLZ aus 1. Messung und Kontrolle errechnet.)

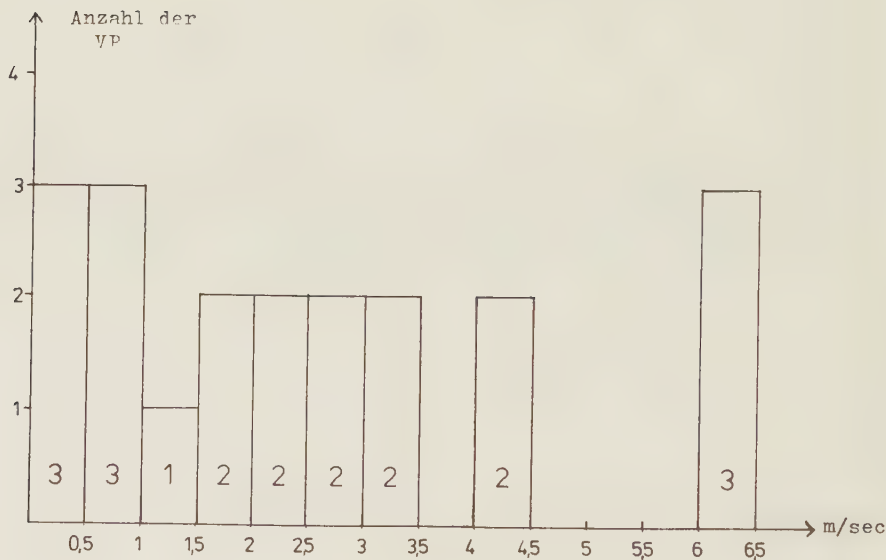
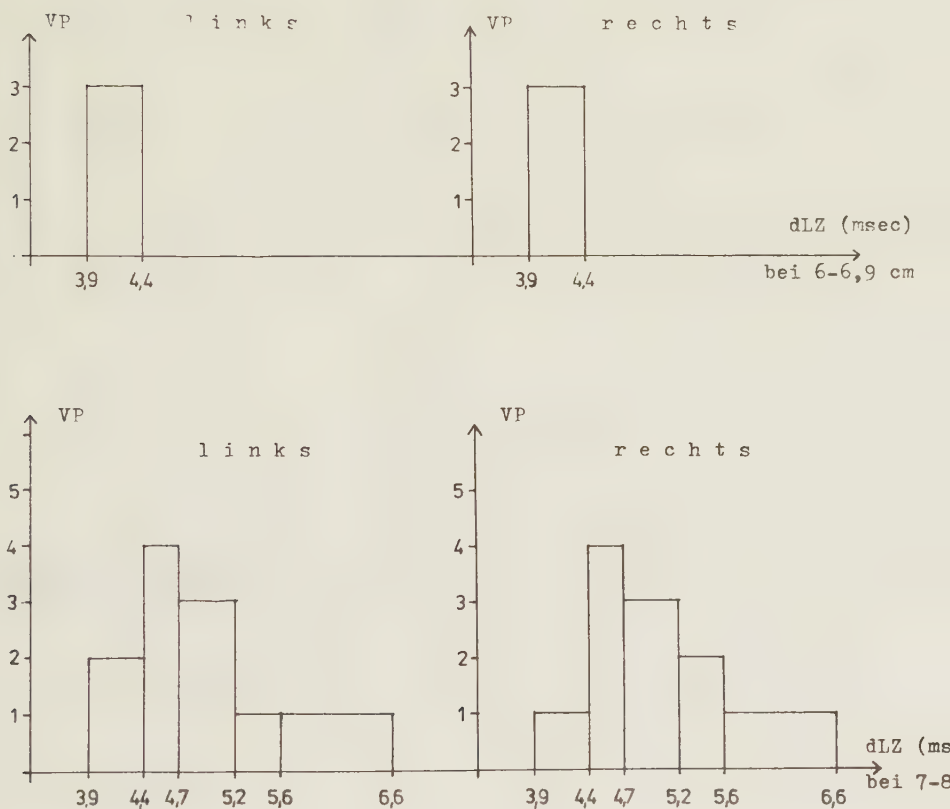
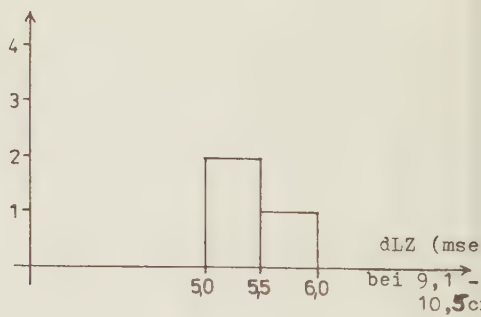
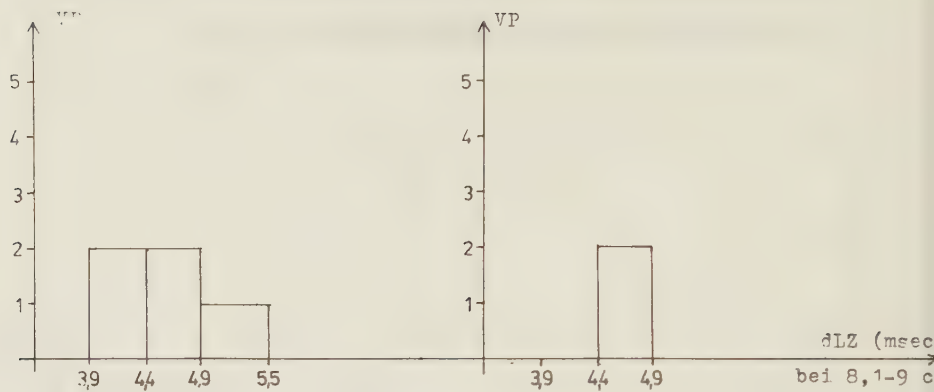


Abbildung 3

Beziehung zwischen der Anzahl der Versuchspersonen und den
dL- Zeiten bei bestimmter distaler Strecke.



Fortsetzung von Abbildung 3

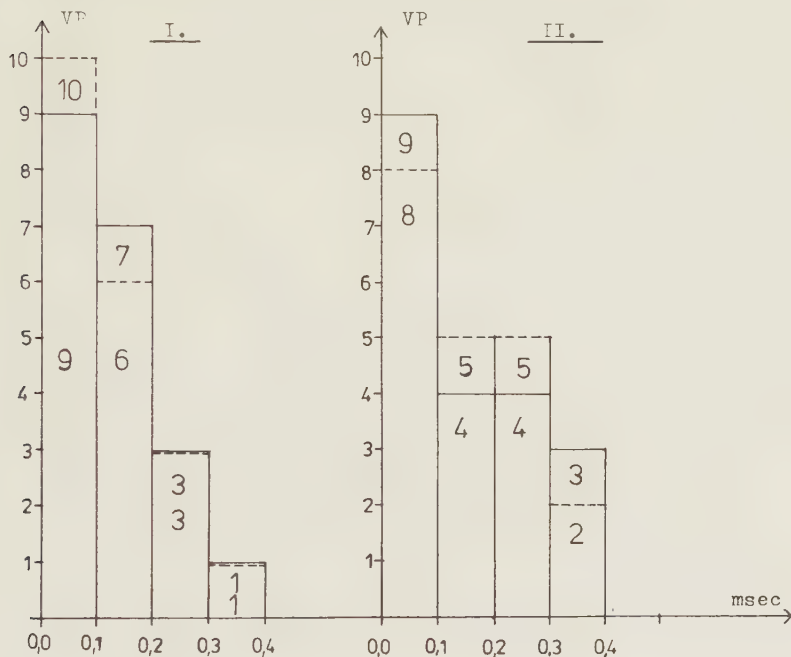


Graphische Darstellung zu Tabelle 3 a)

I. Differenz von dLZ und Kontrolle (msec) im Seitenvergleich.

II. Differenz von pLZ u. Kontrolle (msec) im Seitenvergleich.

gestrichelt = links ; ausgezogen = rechts

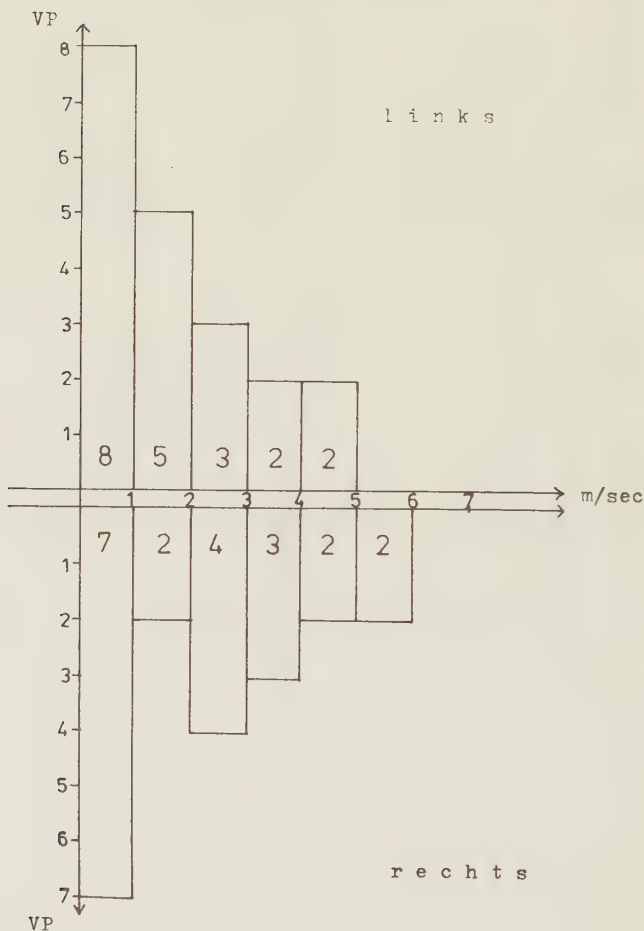


Auftragung von Delta- v nach der Häufigkeit im Seitenvergleich

(Delta- v = v1 minus v2)

v1 = NLG errechnet aus 1. Messung (m/sec)

v2 = NLG errechnet aus Kontrolle (m/sec)



Darstellung im Seitenvergleich von : (pLZ - dLZ) - (KpLZ - KdLZ)

(K = Kontrolle)

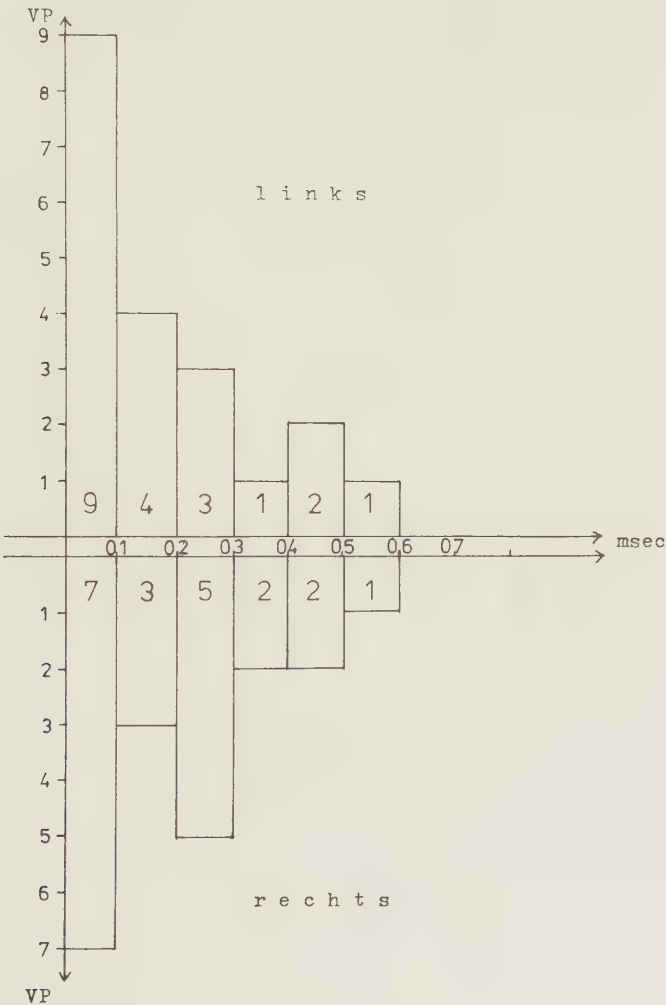


Abbildung 6

Auftragung des Quotienten : $\frac{\text{Entfernung (dRO bis Ableitelekt.)}}{\text{dLZ}}$
nach der Häufigkeit bei den VP im Seitenvergleich.

dRO = distaler Reizort

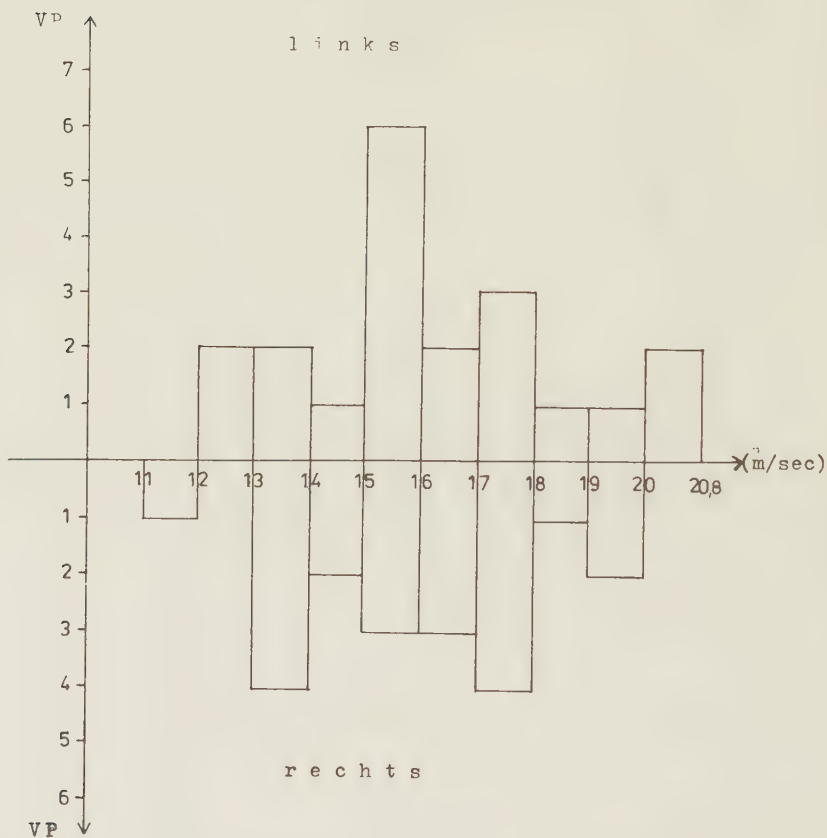
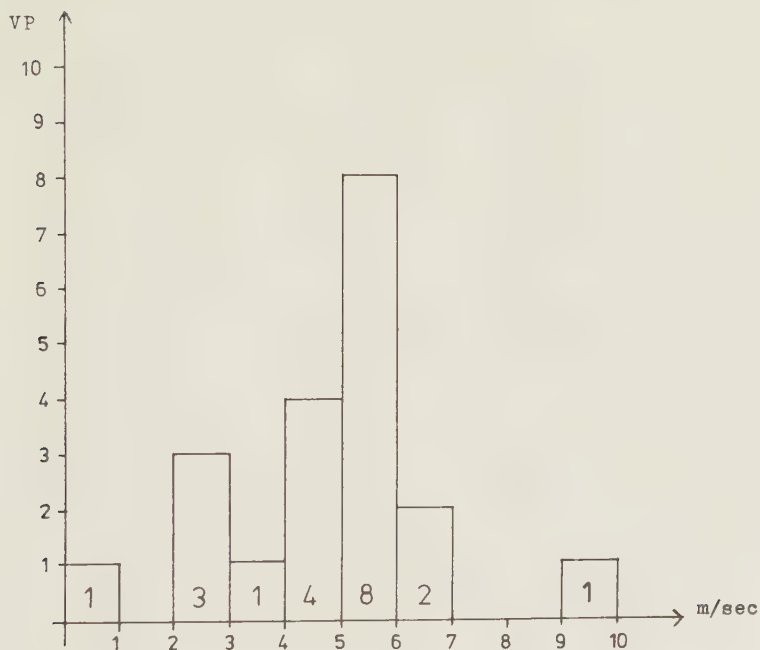


Abbildung 7

Die Differenz von ($v_{\max.}$ minus $v_{\min.}$) aus den 4 verschiedenen Geschwindigkeiten, die je VP errechnet wurden, wurde in Beziehung zur Häufigkeit dargestellt.



Anhang:

Aus den Werten der NLG (m/sec), die aus den Mittelwerten von dLZ, plZ aus 1. Messung und Kontrolle berechnet wurden, erfolgte die Umrechnung nach :

"Wie lange (in msec) für 1 cm ?"

links		rechts	
1.	0,2053 (msec)	0,1945	(msec)
2.	0,1645 "	0,1736	"
3.	0,1879	0,1897	
4.	01686	0,182	
5.	0,1644	0,1729	
6.	0,1704	0,1728	
7.	0,1757	0,1686	
8.	0,2007	0,1791	
9.	0,1798	0,1742	
10.	0,1567	0,1735	
11.	0,1746	0,1712	
12.	0,1775	0,1919	
13.	0,1911	0,1705	
14.	0,1781	0,1838	
15.	0,1787	0,1758	
16.	0,1641	0,1625	

zum Anhang :

links	rechts
17. 0,2015 (msec)	0,189 (msec)
18. 0,1953 "	0,1757
19. 0,175	0,1757
20. 0,183	0,1841

VII. Literaturverzeichnis

1. CORBAT, F.: Über Messungen der Leitgeschwindigkeit am peripheren Nerven und deren Verwertung in der Klinik . Dtsch. Z. Nervenheilk. 182 (1961) 652- 657
2. EICHLER, W.: Über die Ableitung der Aktionspotentiale vom menschlichen Nerven in situ. Z. Biol. 98 (1937) 182
3. ERLANGER, J.: Analysis of the action potential in nerve. Harvey Lectures 22 (1927), 90
4. ERLANGER, J., H. S. GASSER : Electrical signs of nervous activity, 221 pp. Univ. of Pennsylvania Press ,Philadelphia 1937
5. GILLIAT R. W.; H. V. GOODMAN, R. G. WILLISON : The recording of lateral popliteal nerve action potentials in man. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 24 (1961), 305
6. HELMHOLTZ, H. von, N. Baxt : Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in

den motorischen Nerven des Menschen. M.-Ber.
Kgl.- preuß. Akad. Wissensch. (1867), 234

7. HELMHOLTZ, H. von : Neue Versuche über die Fort -
pflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den
motorischen Nerven des Menschen. M.-Ber. Kgl.-
preuß. Akad. Wissensch. (1870), 184
8. HENRIKSEN, J. D. : Conduction velocity of motor
nerves in normal subjects and in patients
with neuromuscular disorders. Thesis, Graduate
School, Univ. of Minnesota 1956
9. HODES, R., M. F. LARRABEE, W. GERMAN : The human
electromyogram in response to nerve stimulation
and the conduction velocity of motor axons.
Arch. Neurol. Psychiat. (Chic) 60 (1948)
340 - 365
10. HOPF, H. C. : Untersuchungen über die Unterschiede
in der Leitgeschwindigkeit motorischer Nerven -
fasern beim Menschen. Dtsch. Z. Nervenheilk.
183 (1962) 579 - 588
11. HOPF, H. C. : Das Electromyogramm bei Nerven -

reizung (Elektroneurogramm, ENG). Fortschr.
Neurol. Psychiat. 31 (1963) 585 - 616

12. HUDSON, C. H., R. S. DOW : Motor nerve conduction
velocity determination. A neurodiagnostic aid.
Neurology (Minneap.) 13 (1963) 982 - 988

13. JOHNSON, E. W., K. J. OLSEN : Clinical value of
motor nerve conduction velocity determination.
J. Amer. med. Ass. 172 (1960) 2030 - 2035

14. LAHODA-ROSS-ISSEL : EMG-Fibel, Barth 1973 Frank -
furt

15. LAWRENCE, D. G., S. LOCKE : Motor nerve con-
duction velocity in diabetes. Arch. Neurol.
Psychiat. (Chic) 5 (1961), 483

16. MAGLADERY ,J. W., D. B. McDOUGAL JR. :
Electrophysiological studies of nerve and
reflex activity in normal man, I. Bull.Johns
Hopk. Hosp. 86 (1950), 265

17. MULDER, D. W., E. H. LAMBERT, J. A.BASTRON,R. G.
SPRAGUE : The neuropathies associated with

diabetes mellitus. Neurology (Minneap.)

11 (1961), 275

18. NEUNDÖRFER, B., C. ADLER : Vergleichende
Elektroneurographische Untersuchungen mit
Oberflächen- und Nadelelektroden. Z. EEG-EMG 3
(1972) 153 - 158
19. SKILLMAN, T. G., E. W. JOHNSON, G. J. HAMWI, H. J.
DRISKILL : Motor nerve conduction velocity in
Diabetes mellitus. Diabetes 10 (1961), 46
20. THOMAS, P. K., T. A. SEARS, R. W. GILLIAT : The
range of conduction velocity in normal motor
nerve fibres to the small muscles of the
hand and foot. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.
22 (1959) 175 - 181
21. VISSER, S. L. : A comparative study of various
methods of determining the conduction velocity
in peripheral motor nerves. Psychiat. Neurol.
Neurochi. 67 (1964) 477 - 483
22. WAGMAN, I. H., H. LESSE : Maximum conduction
velocities of motor fibres of ulnar nerve in
human subjects of various ages and sizes. J.
Neurophysiol. 15 (1952), 235

Für die Überlassung des Themas und des Arbeitsplatzes möchte ich Herrn Prof. Dr. Schrader danken. Mein besonderer Dank gilt auch Herrn OA Dr. Ross für seinen fachlichen Rat und seine großzügige Unterstützung. Außerdem möchte ich mich ganz herzlich bei allen Versuchspersonen bedanken, die sich trotz anfänglicher Bedenken zur Verfügung gestellt haben.

Lebenslauf

Name: Franz Kudella

Geboren am: 17. 7. 1948 in Arnstorf

Religion: Röm.-kath.

Eltern: Ferdinand und Anna Kudella

Ausbildung: 1954 - 59 Volksschule Simbach
1959 - 69 Gymnasium Dingolfing
Juli 1969 -
Dez. 1970 Wehrpflicht bei der
Bundeswehr
seit April 1971 Medizinstudium an der
Ludwig Maximilians Universität
Sept. - Dez. 1977 Staatsexamen

München, Dezember 1977

